



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fisk, försurning och kalkning

Erik Petersson
Inst. Akvatiska resurser
erik.h.petersson@slu.se

Sur nederbörd

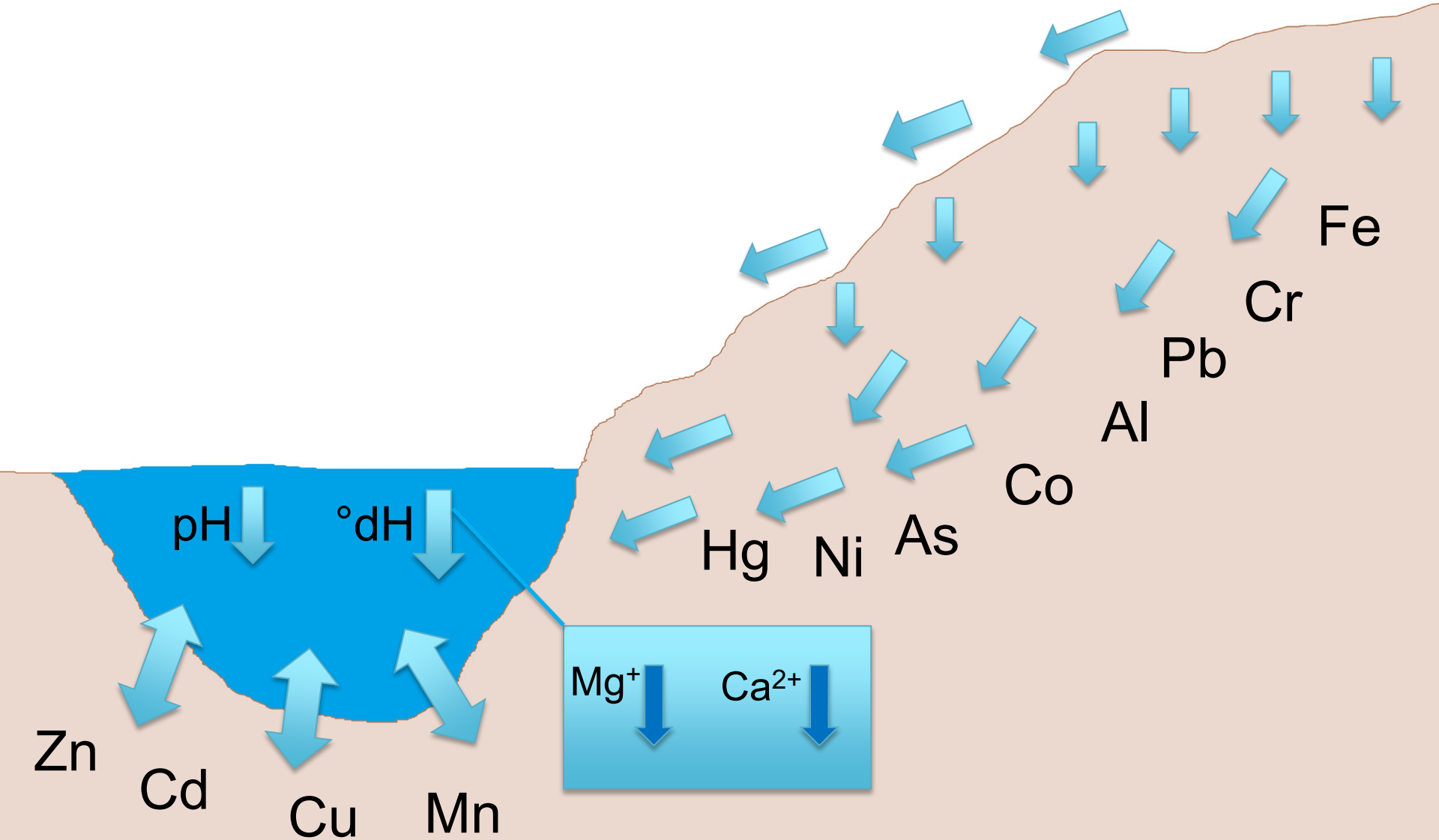


Table 2. Some trace metal concentrations (nmol l^{-1}) in soft, acid waters, $\text{pH} < 5.6$ (updated from Reader *et al.*, 1989).

Metal	UK*	Scandinavia* (range or upper limit)	North America*	Proposed typical value [†]
Al [‡]	100–37900	200–24200	600–35700	3000
As			< 67	
Cd		0.01–8.0	1.8–8.9	4
Co			< 17	
Cr		12–29	< 19	15
Cu	10–630	0.3–76	0–472	90
Fe	394–12200	233–46550	100–50134	2810
Hg		< 0.05		
Mn	40–4730	130–10100	400–9647	1440
Ni	< 286	< 0.17–90	0–818	240
Pb	< 44	0.2–24	< 5–310	35
Zn	21–1220	3–1866	76–1224	285

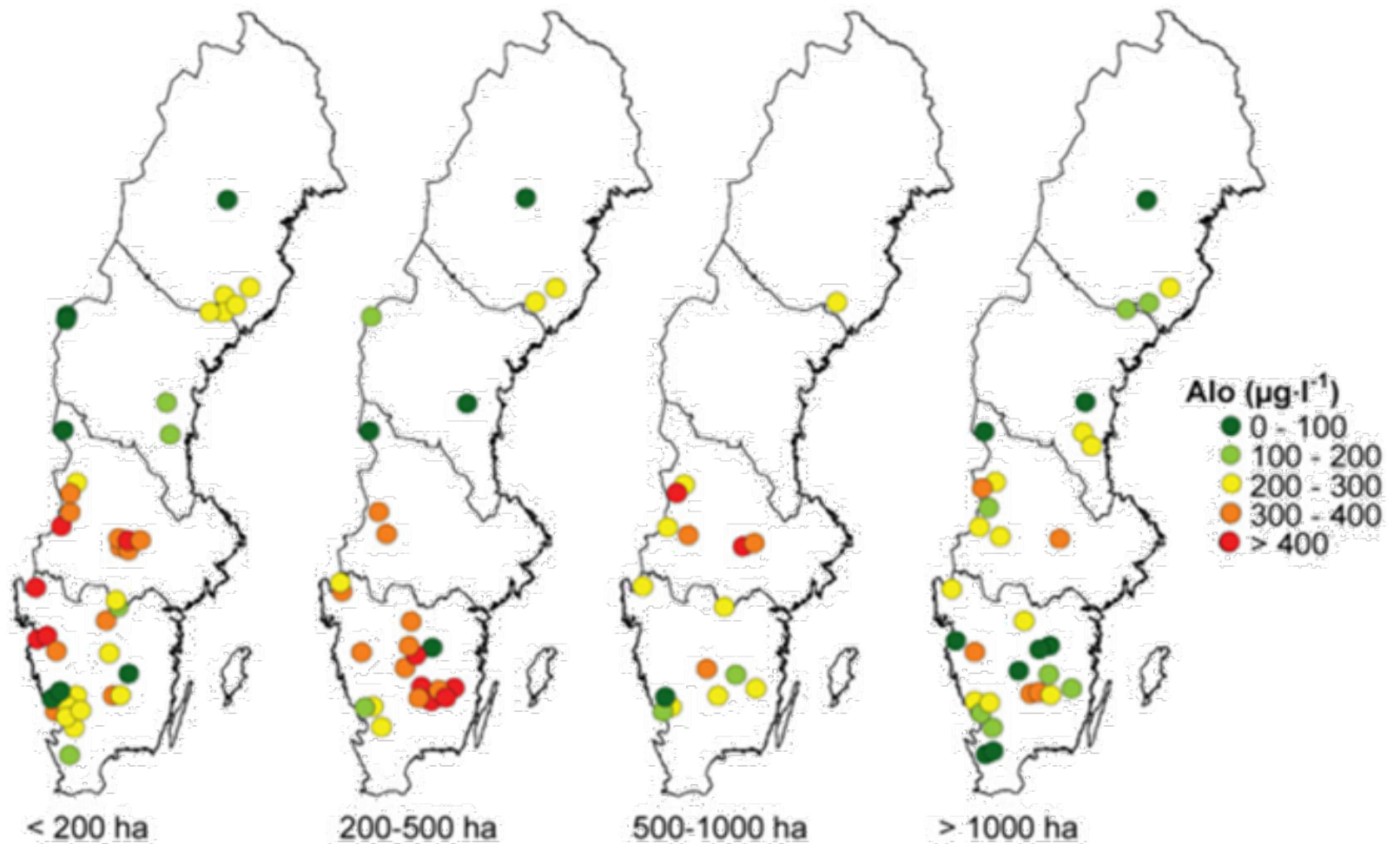
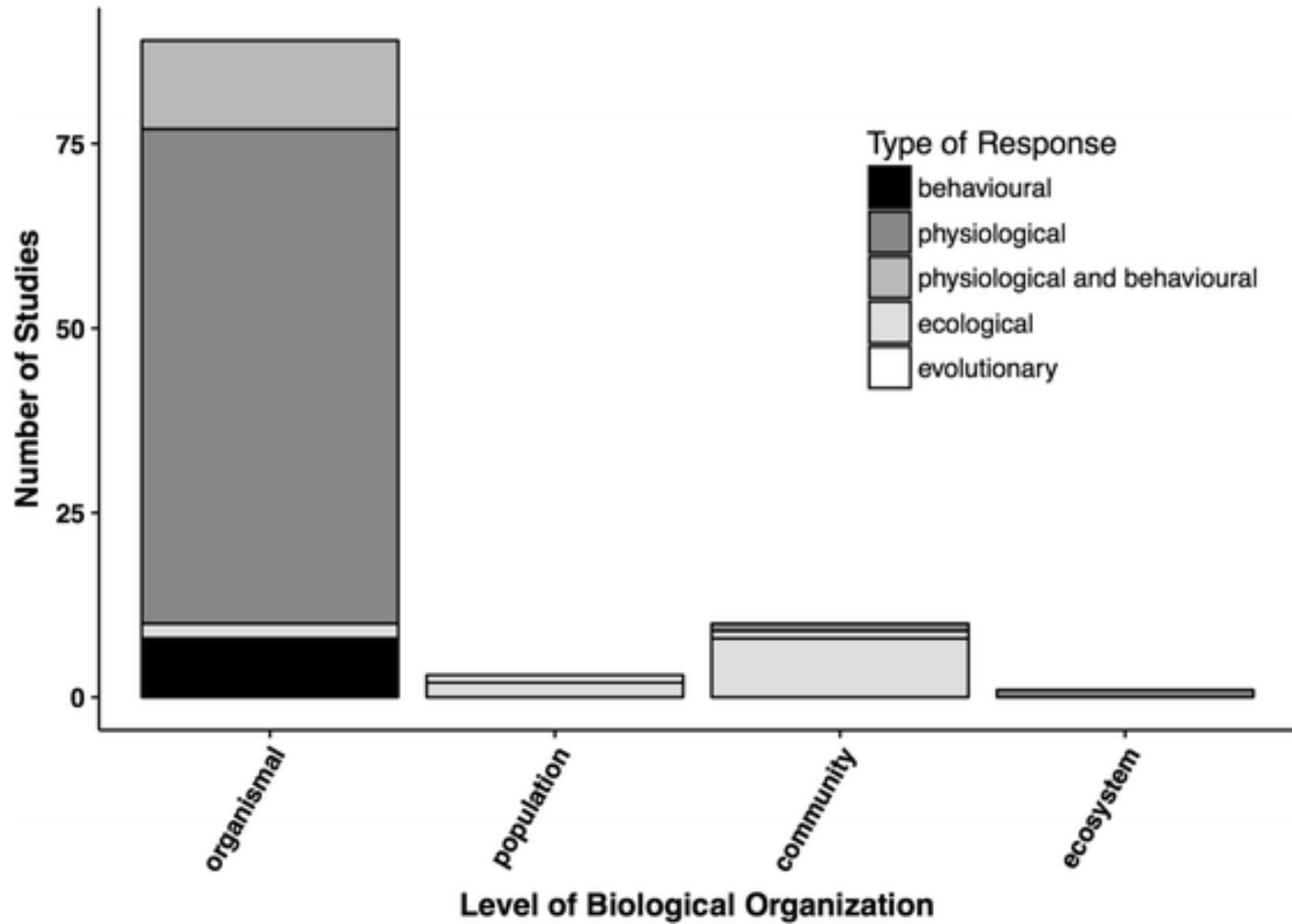
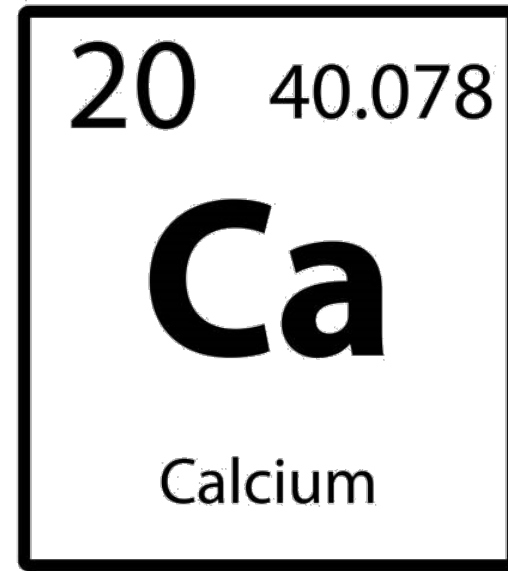


Fig. 6 The spatial distribution of Aro (micrograms per litre) in streams, sub-divided by catchment size. Values shown are from the first autumn sample. Geographically clustered points have been spread to avoid excessive overlap



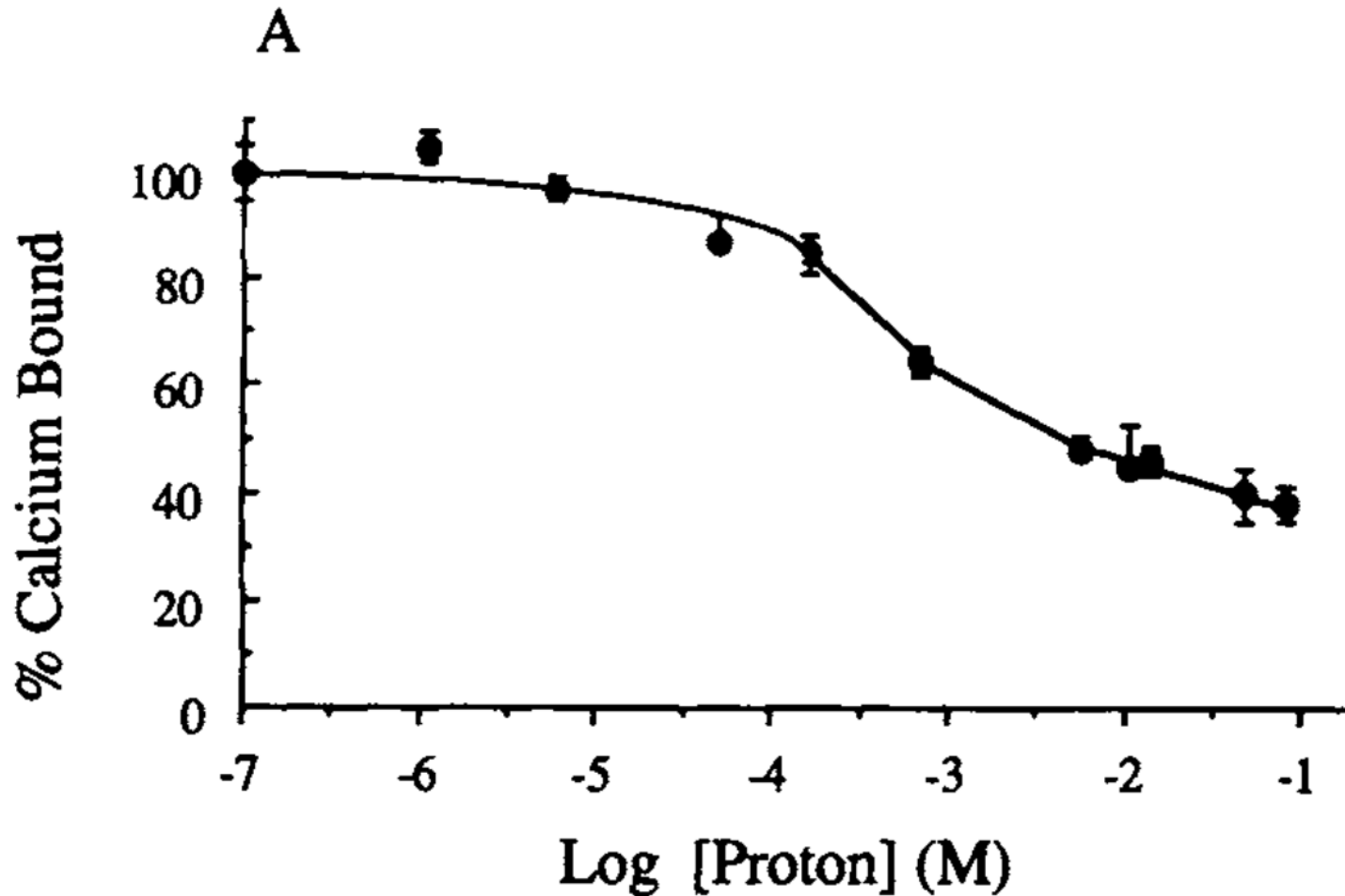
Exempel på direkt effekt



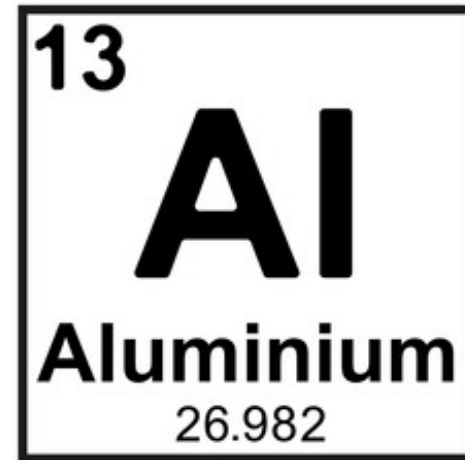
Kalcium behövs för att stabilisera cellmembranens permeabilitet. Utan kalcium kan cellväggarna inte stabilisera sig och hålla kvar sitt innehåll.

Vätejonerna konkurrerar med kalciumjonerna.

Exempel på direkt effekt



Exempel på indirekt effekt



Lågt pH gör att aluminium frigörs till vattnet och när detta vatten passerar över fiskgälen fälls metallen ut på gälarna.

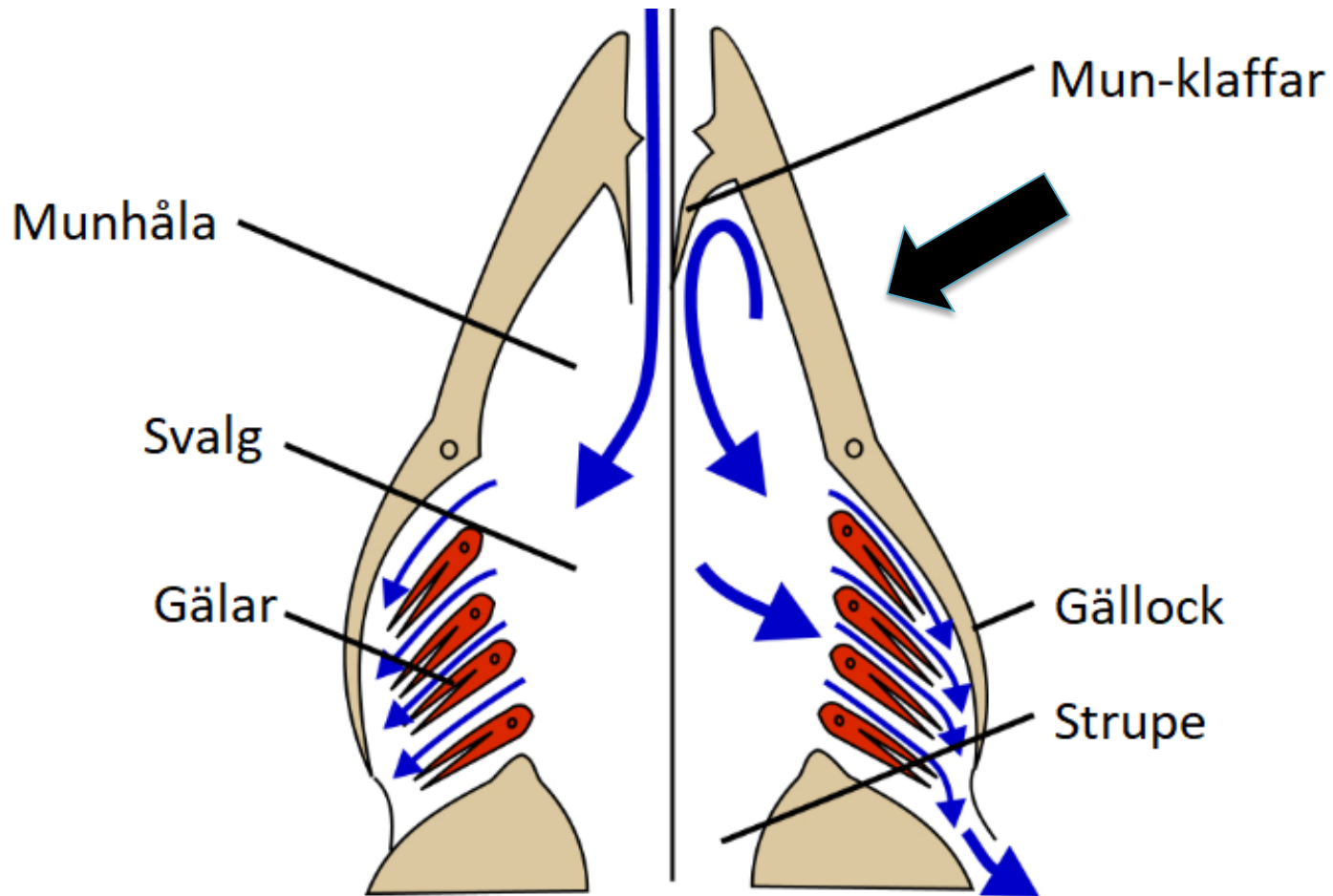
Exempel på indirekt effekt

Detta i sin tur orsakar att det bildas stora mängder slem.

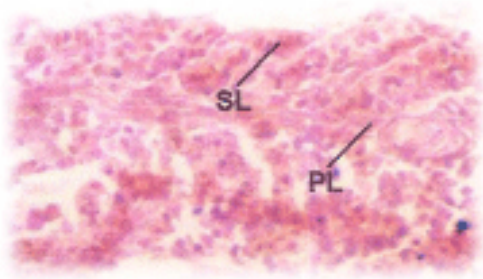
Fisken brukar svara på detta med att försöka "hosta" bort detta slem. Lyckas fisken inte med det så täpps gälarna igen och fisken får svårt att syresätta sitt blod och att bibehålla saltbalansen i kroppen.

Inandning

Utandning



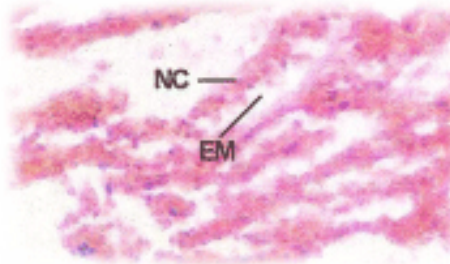
Förändringar i gälarna hos karp (*Cyprinus carpio*) vid pH<7



Kontroll

PL=primära lameller

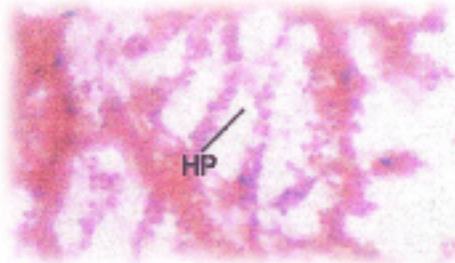
SL=sekundära lameller



pH=6.6

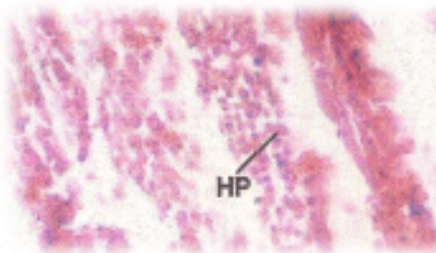
NC=viss cellnekros

EM=cellödem



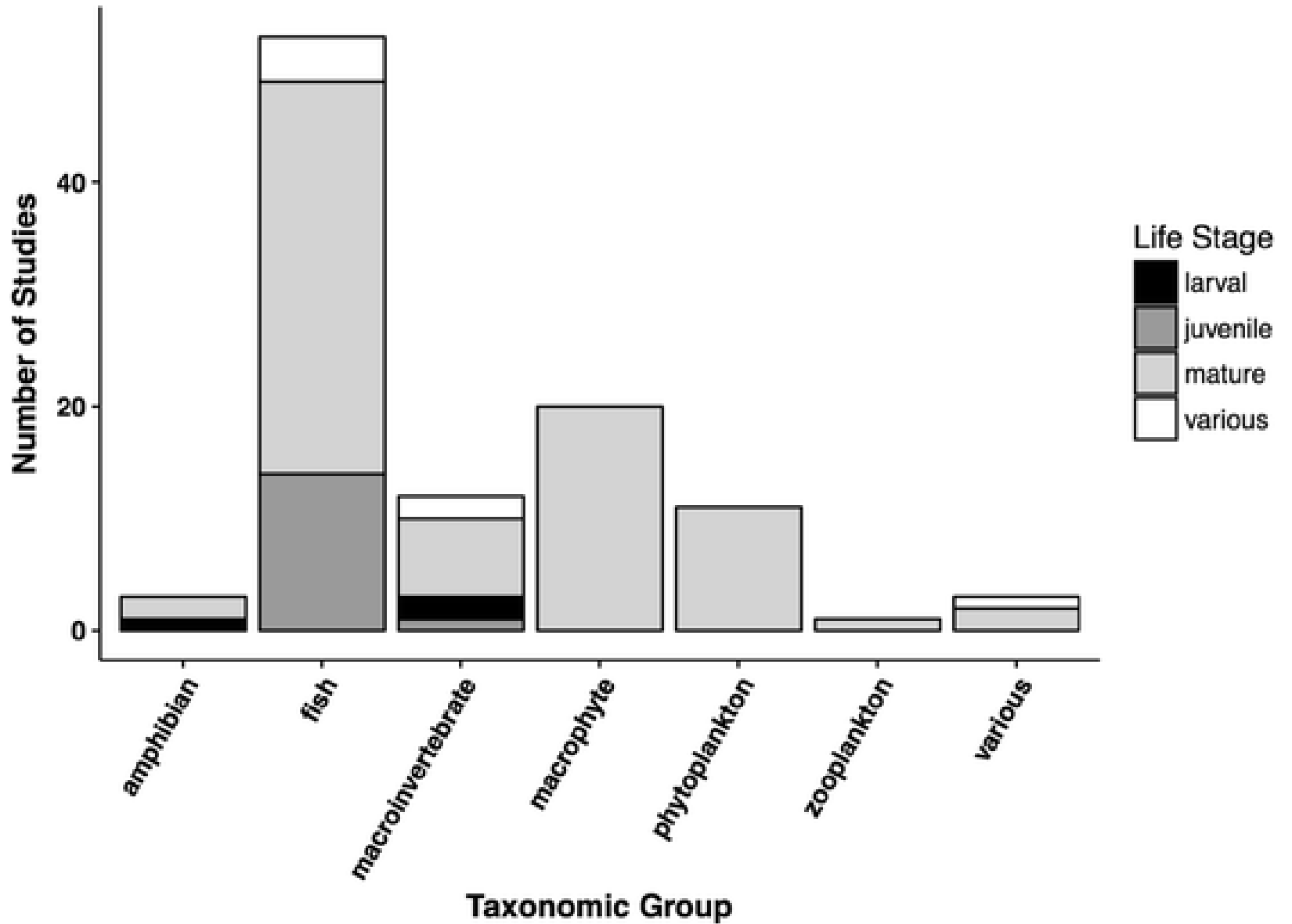
pH=5.8

HP=inlagring av mukus i gälarna

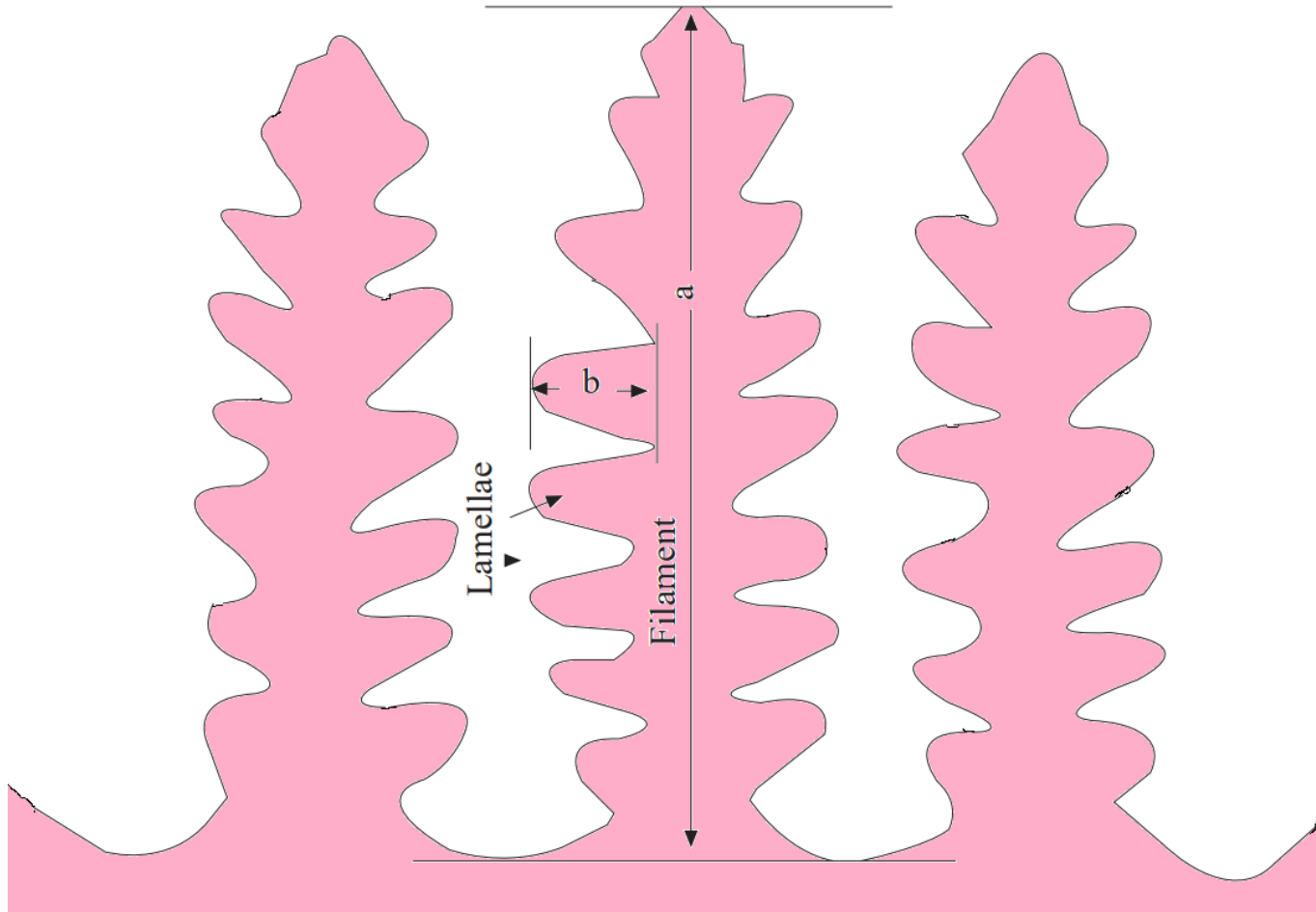


pH=5.0

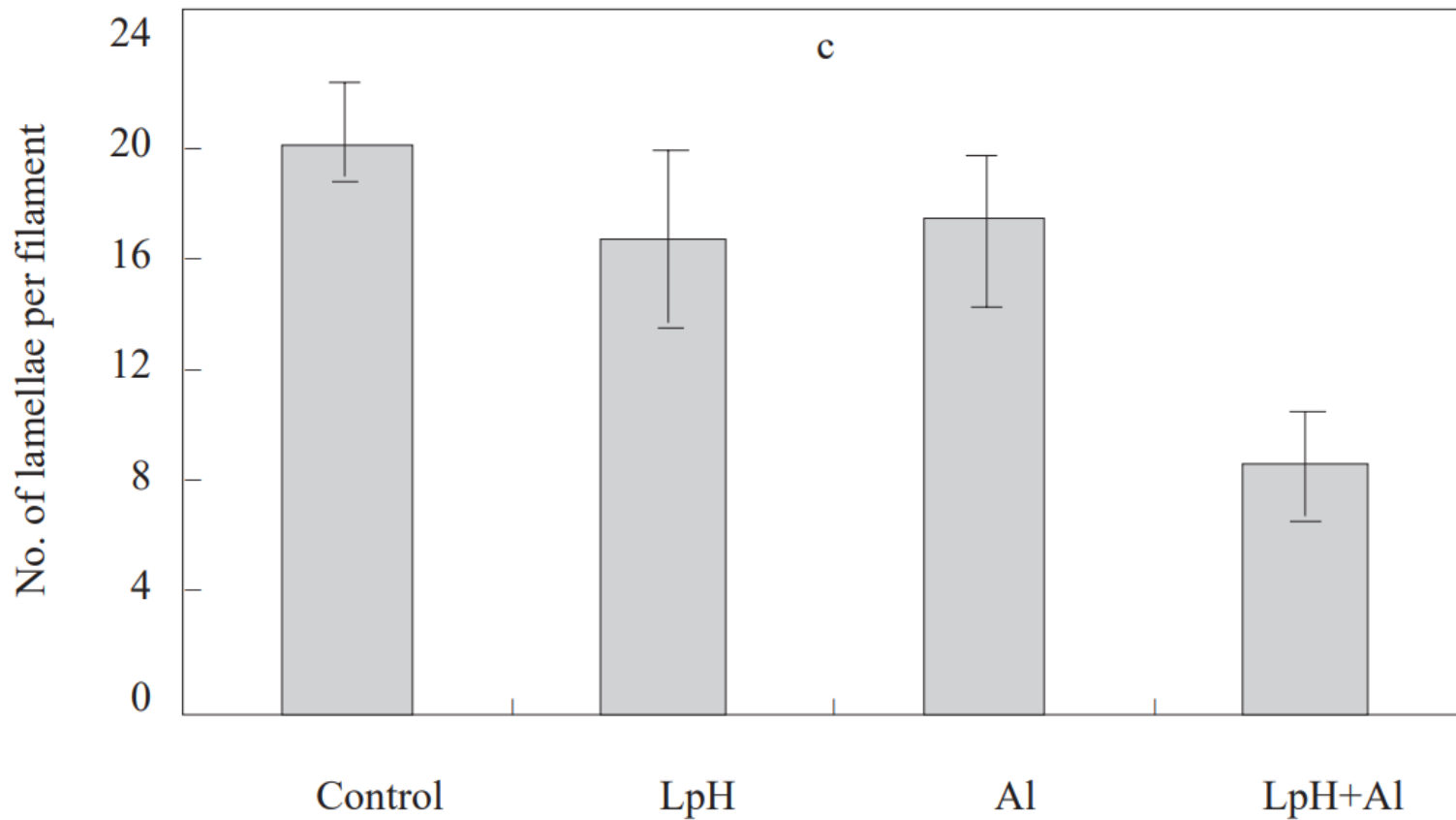
HP=ytterligare inlagring av mukus i gälarna +
degenerering av celler



Utvecklingen av gälarna hos yngel av
Regnbågsöring
Oncorhynchus mykiss



Al 200 $\mu\text{g}/\text{L}$
pH 4.5
30 dagar



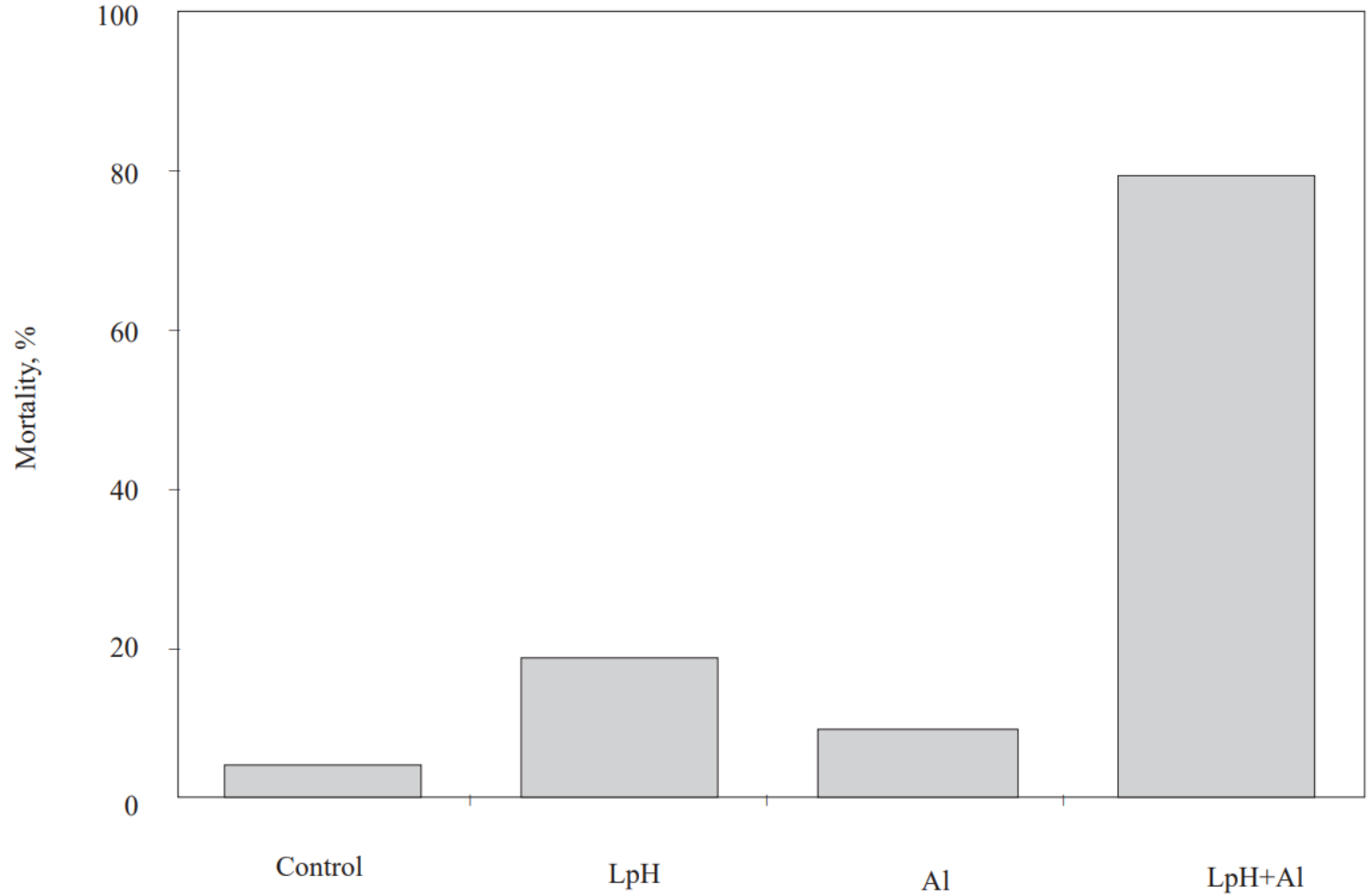


Figure 2. Mortality percentage of control, low pH, Al and low pH+Al-exposed larvae over the 30-day experiment period.

Försämrad förmåga att upprätthålla flera fysiologiska jämvikter

Salt-vattenbalansen påverkas

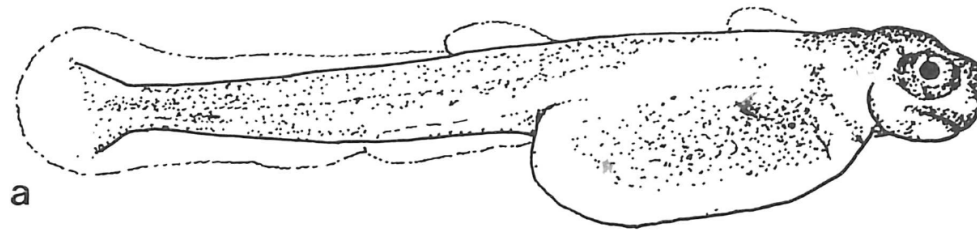
Blodets förmåga att hålla syre minskar vid $\text{pH} < 7$

Vid långvarig exponering för lågt pH sker även anatomiska förändringar (missbildningar)

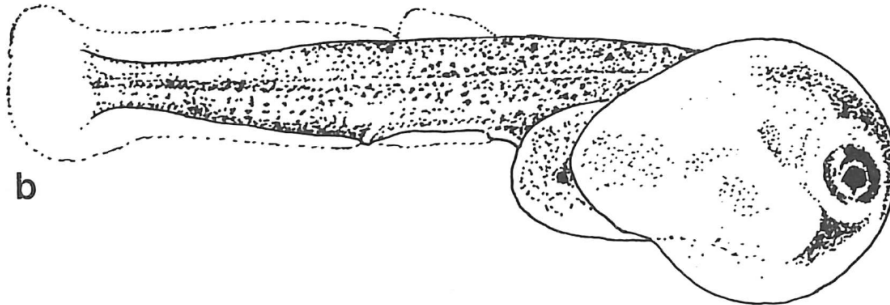
Gälarna 'stympas'; syreupptagande vävnad försvinner

Skelettet förändras

Luktsinnet försämras



pH = 7,8



pH = 4,5

Fig. 1. (a) Normally hatched brown trout yolk-sac fry two weeks after hatch, having been incubated at pH 7.8. (b) Partially hatched fry with head and most of yolk sac still encapsulated two weeks after hatch; incubation at pH 4.5 (drawn from Johansson *et al.*, 1977).

Effekter av försurning noterades redan under 1920-talet.

Særtryk av N.J. & F.F.s
tidsskrifts 4. hefte 1921.

Undersøkelser

over ørretens utdøen i det sydvestlige Norges
fjeldvand.

Av Dr. Knut Dahl.

I 1916 meddelte fiskeriinspektør A. Landmark mig, at der til ham var indløpet mange meddelelser om at ørreten døde ut i mange av de sydvestlige Norges fjeldvand, fornemmelig i de indre dele av Lister og Mandals samt Nedenes amter.

Stipendiat Huitfeldt Kaas hadde dengang i nogen aar hat

Fish death in mountain lakes in southwestern Norway during late 1800s and early 1900s – a review of historical data

By Espen Enge, Tore Qvenild and Trygve Hesthagen

E. Enge is researcher at University of Stavanger.

T. Qvenild is senior engineer at Environmental Division, County Governor of Hedmark.

T. Hesthagen is senior researcher at Norwegian Institute for Nature Research (NINA).

Sammendrag

Fiskedød i fjellsjøer i Sørvest-Norge på slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet – en gjennomgang av historiske data.

Mye av de historiske dataene om fisk og fiskebestander i fjellsjøer i Sørvest-Norge er i dag lite tilgjengelige. Her har vi skaffet til veie en rekke av disse gamle datakildene, og har hentet ut data om fisk og fiskebestander. Disse gamle dataene viser at aurebestandene i Sørvest-Norge ble sterkt

1930. Our results support the most recent hypothesis, that a combination of “sea salt episodes” and emerging acidification may have contributed to the fish death in the latter of these two periods.

Introduction

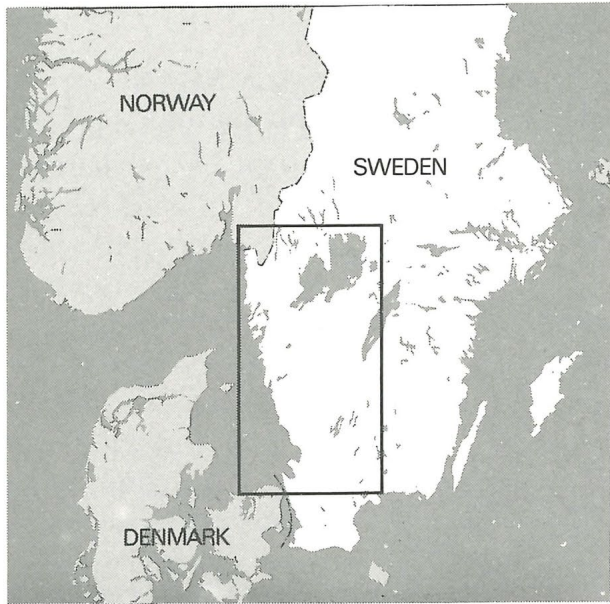
Due to the geography, comprising numerous migration barriers, most of the trout (*Salmo trutta* L.) in the inland and mountain areas in Norway have at some point of time been stocked

Effekter av försurning noterades redan under 1920-talet.

Kraftig ökning efter Andra Världskriget; 1950- och 1960-talen.

I Sverige var mer än 2500 sjöar påverkade (3-4%) av totala sjöytan.

Tusentals kilometer av vattendrag påverkades (huvudsakligen öring och lax).



pH	Number of lakes		
	November– December, 1970	April– June, 1971	August, 1972
≤ 3.9	15	4	3
4.0–4.9	97	79	17
5.0–5.9	67	129	35
6.0–6.9	116	124	63
≥ 7.0	19	47	43
No. of lakes studied	314	383	161
< 5.0	36 percent	22 percent	12 percent
< 6.0	57 percent	55 percent	34 percent

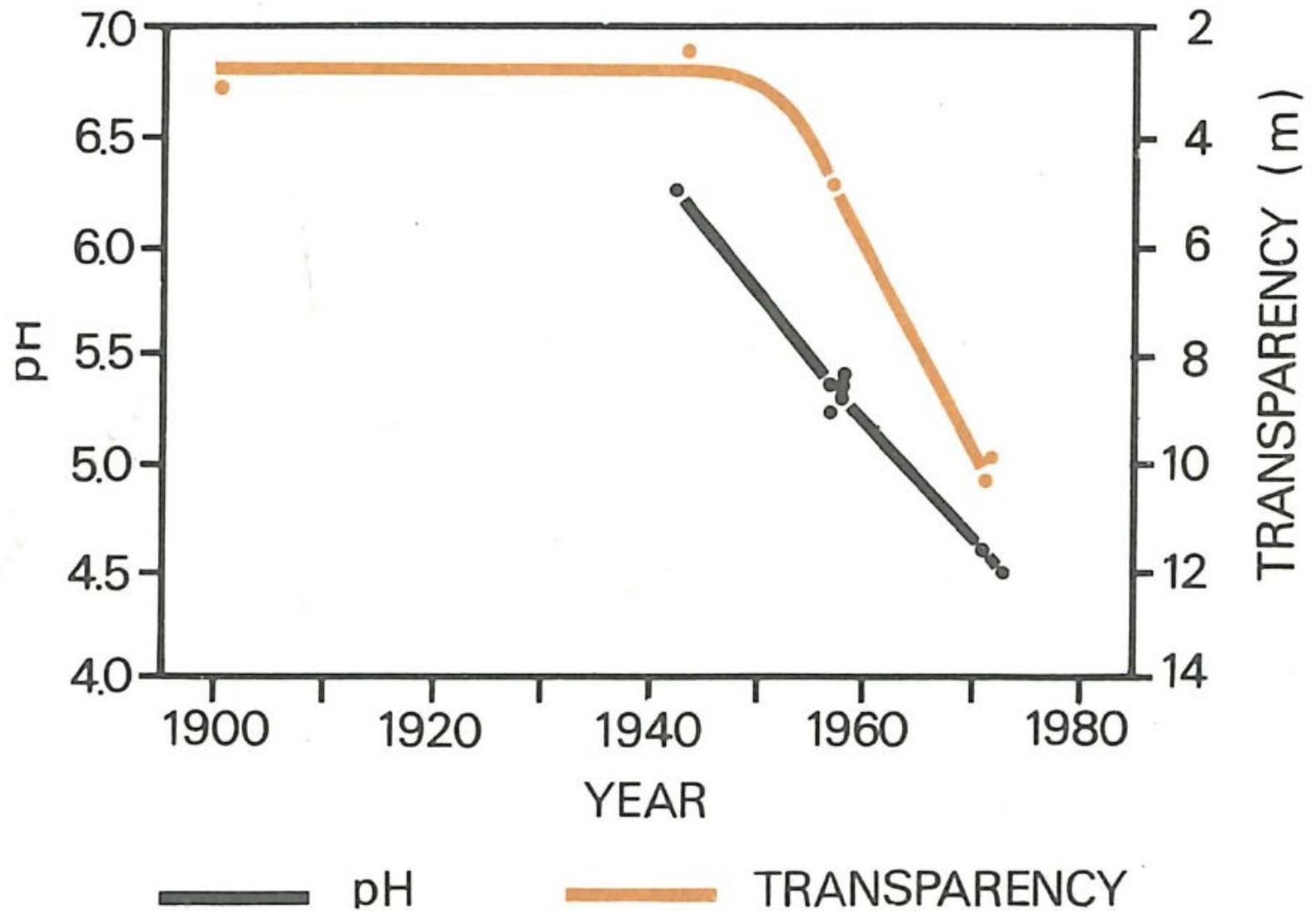


Figure 2. Lake Stora Skarsjön. From 1943 to

Figure 7. Increased size and growth of the roach, *Leuciscus rutilus*, in acidified lakes, pH 4.6–5.5 (summer 4.9–6.0), compared to the size in normal lakes, pH 6.3–6.8 (6.7–7.0). Acid water will give a decreased hatching and a diminishing fish stock, thus less competition for the food and a better growth.

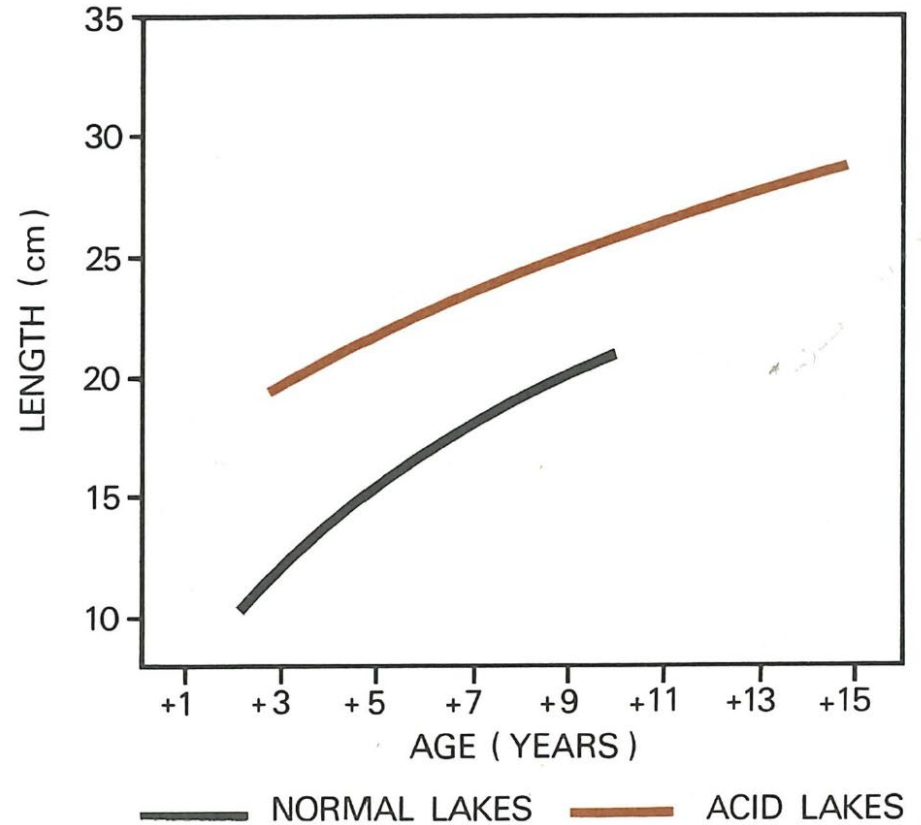


TABLE 1. EFFECTS OF ACIDIFICATION IN 100 SWEDISH LAKES (pH 4.3–7.5)
SOUTH OF DALAÄLVEN RIVER

(Source: Almer *et al.* 1978.)

family	species	number of previous stocks	number of remaining stocks	stocks acidification (number)	exterminated by (%)	pH critical for reproduction
Cyprinidae	minnow (<i>Phoxinus phoxinus</i>)	28	16	12	43	≤ 5.5
Cyprinidae	roach (<i>Rutilus rutilus</i>)	77	52	25	32	≤ 5.5
Salmonidae	Arctic char (<i>Salvelinus alpinus</i>)	36	25	7	19	≤ 5.2
Salmonidae	brown trout (<i>Salmo trutta</i>)	28	24	4	14	< 5.0
Coregonidae	cisco (<i>Coregonus albula</i>)	21	19	2	10	< 5.0
Esocidae	pike (<i>Esox lucius</i>)	79	72	7	9	4.4–4.9
Percidae	perch (<i>Perca fluviatilis</i>)	99	95	4	4	4.4–4.9
Anguillidae	eel (<i>Anguilla anguilla</i>)	76	73	2	4	≈ 4.5

Återintroduktion av mört



TABLE III. Sample size (n), number of polymorphic sites, number of haplotypes, the frequency of the most common haplotype (per cent) and the variance of haplotype frequencies [Var(S)] for four control (C) and four introduced (I) populations of roach

Population	Type	n	Number of polymorphic sites	Number of haplotypes	Frequency of most common haplotype (%)	Var(S)
Fiolen	C	19	4	7	58	0.043
Allgjuttern	C	20	8	7	50	0.027
Stora Envättern	C	14	13	14	21	0.0011
Bysjön	C	21	8	12	38	0.0095
Nässjön	I	20	5	11	50	0.018
Surtesjön	I	20	6	7	40	0.032
Husevattnet	I	19	1	4	84	0.16
Tinnsjön	I	20	5	8	65	0.045



Några problem:

Det finns väldigt få provfisken före kalkstart

Det finns ännu färre provfisken från tiden innan försurningen drabbade sjöar och vattendrag (från 1930-1950)

I sjöar bytte man övervakningsmetod för ca 20 år sedan (från Drottningholmsnäten till Nordiska nät)



Vattendrag

Effekter av kalkning på fisk i rinnande vatten

Resultat från 30 år av elfisken i kalkade vattendrag

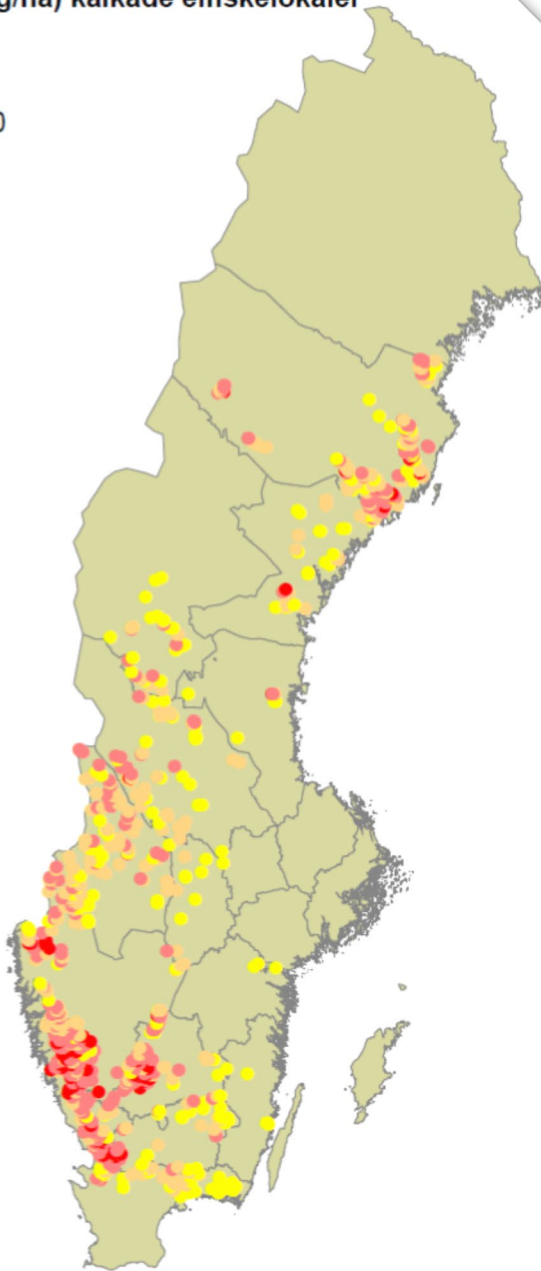


Erik Degerman
Erik Petersson
Björn Bergquist

Benäget bistånd från
handläggare på länsstyrelserna
Johan Ahlström
Tobias Haag
Fredrik Nilsson

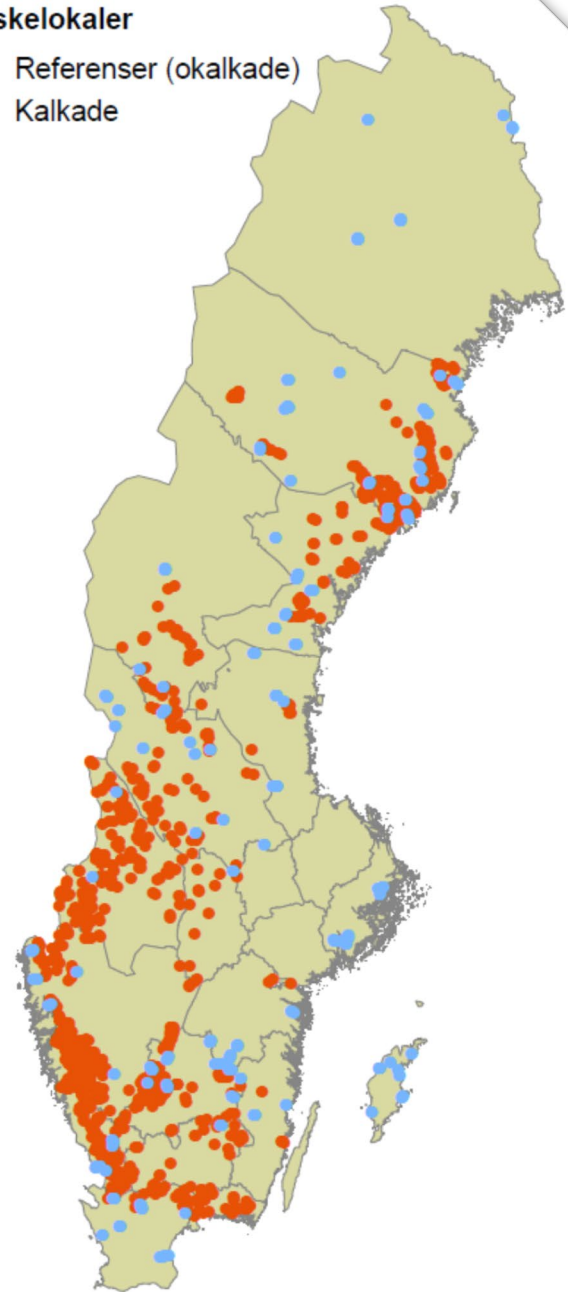
Kalkdos (kg/ha) kalkade elfiskelokaler

- < 25
- 25-50
- 50-100
- >100

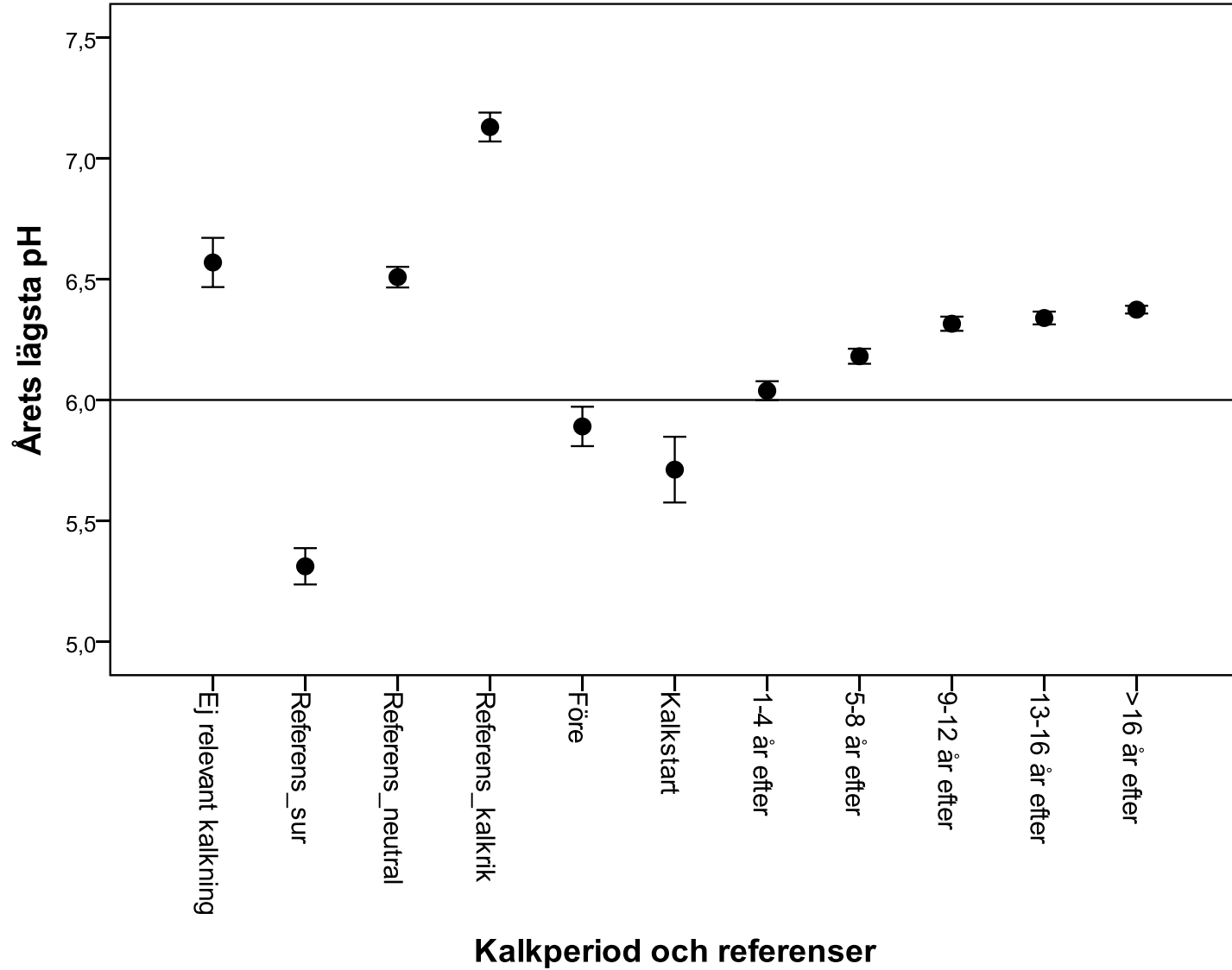


Elfiskelokaler

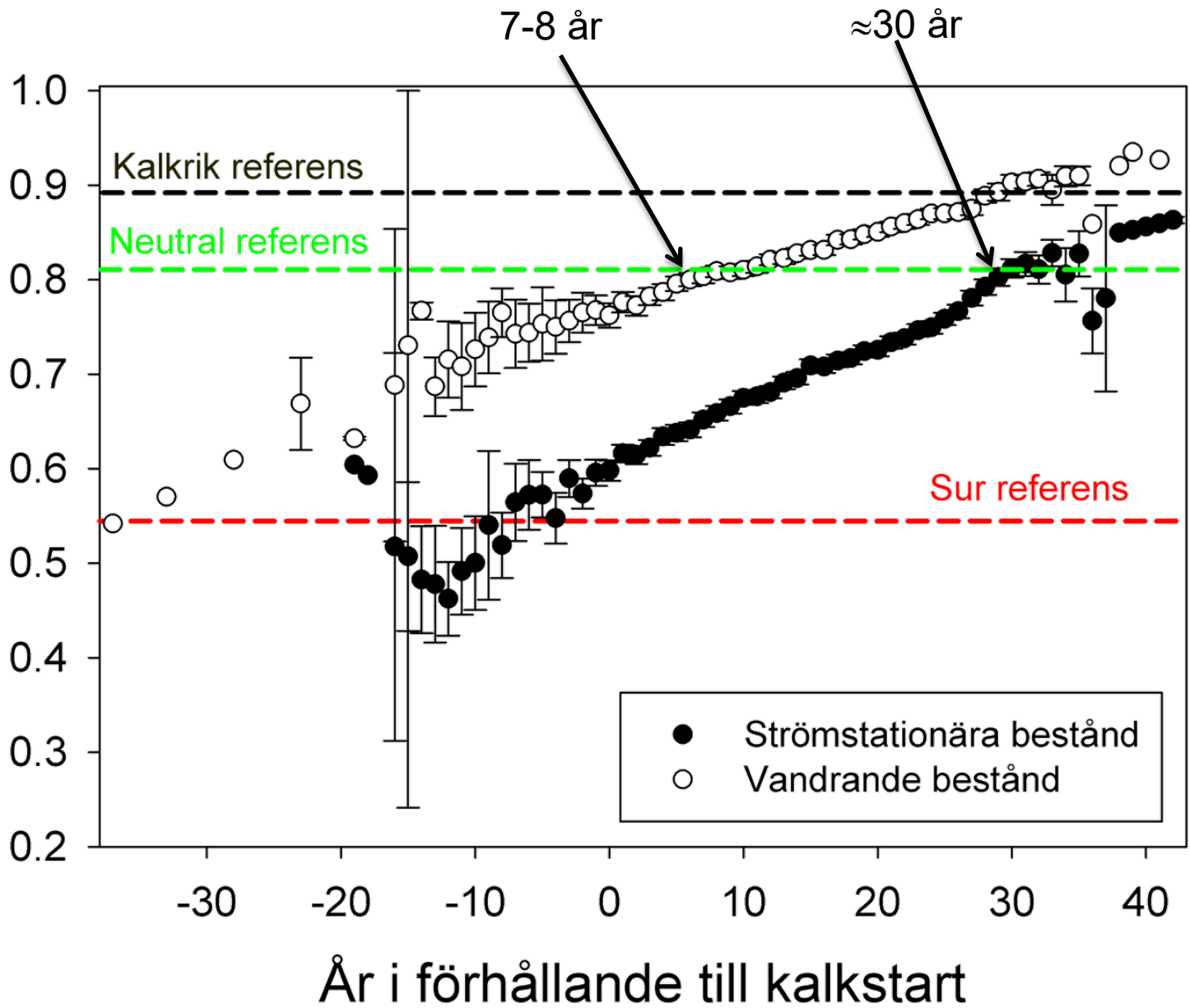
- Referenser (okalkade)
- Kalkade



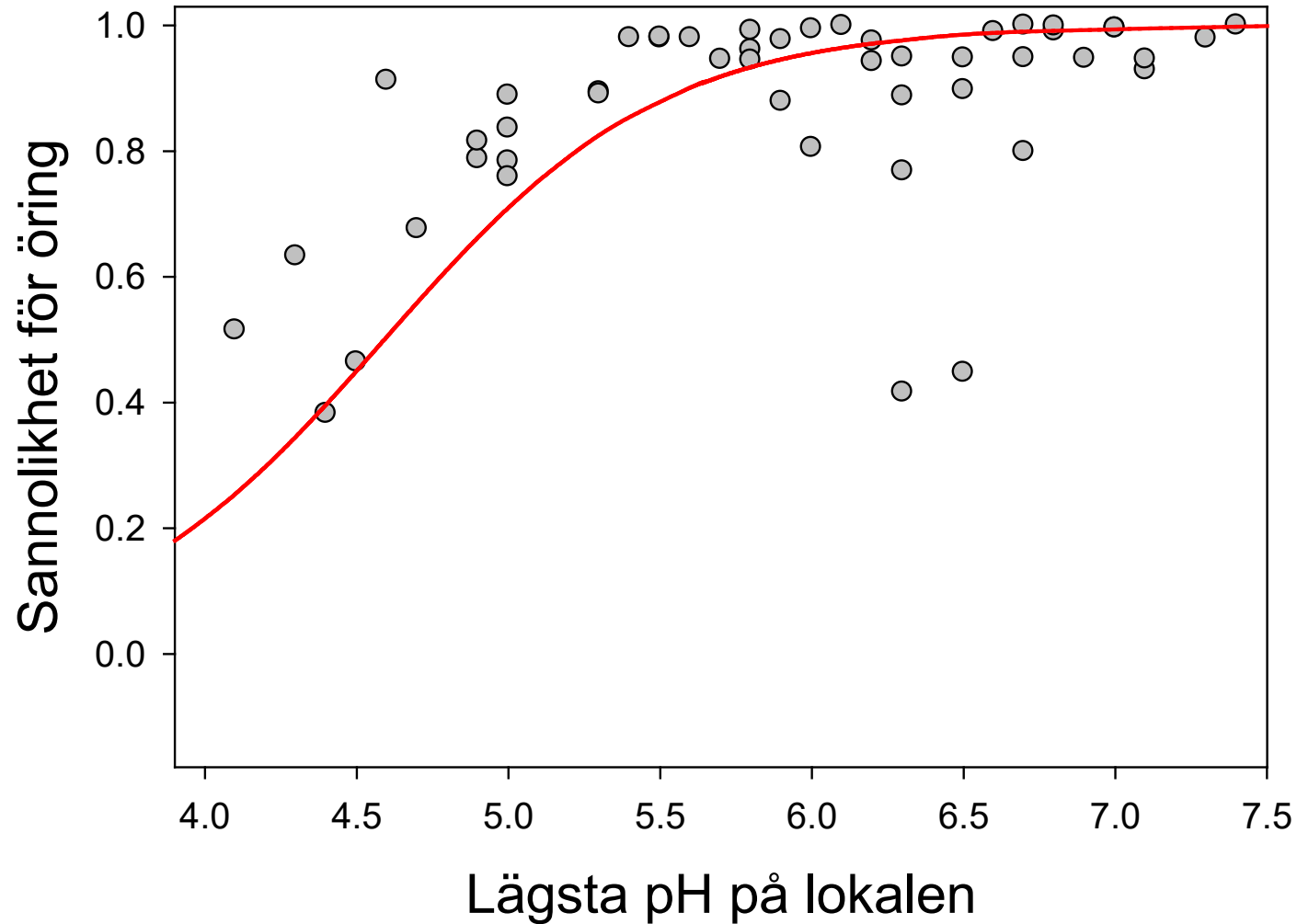
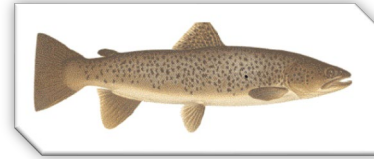
Vattenkemi; pH



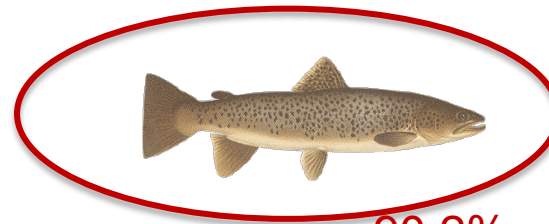
Beräknad sannolikhet för
öringreproduktion



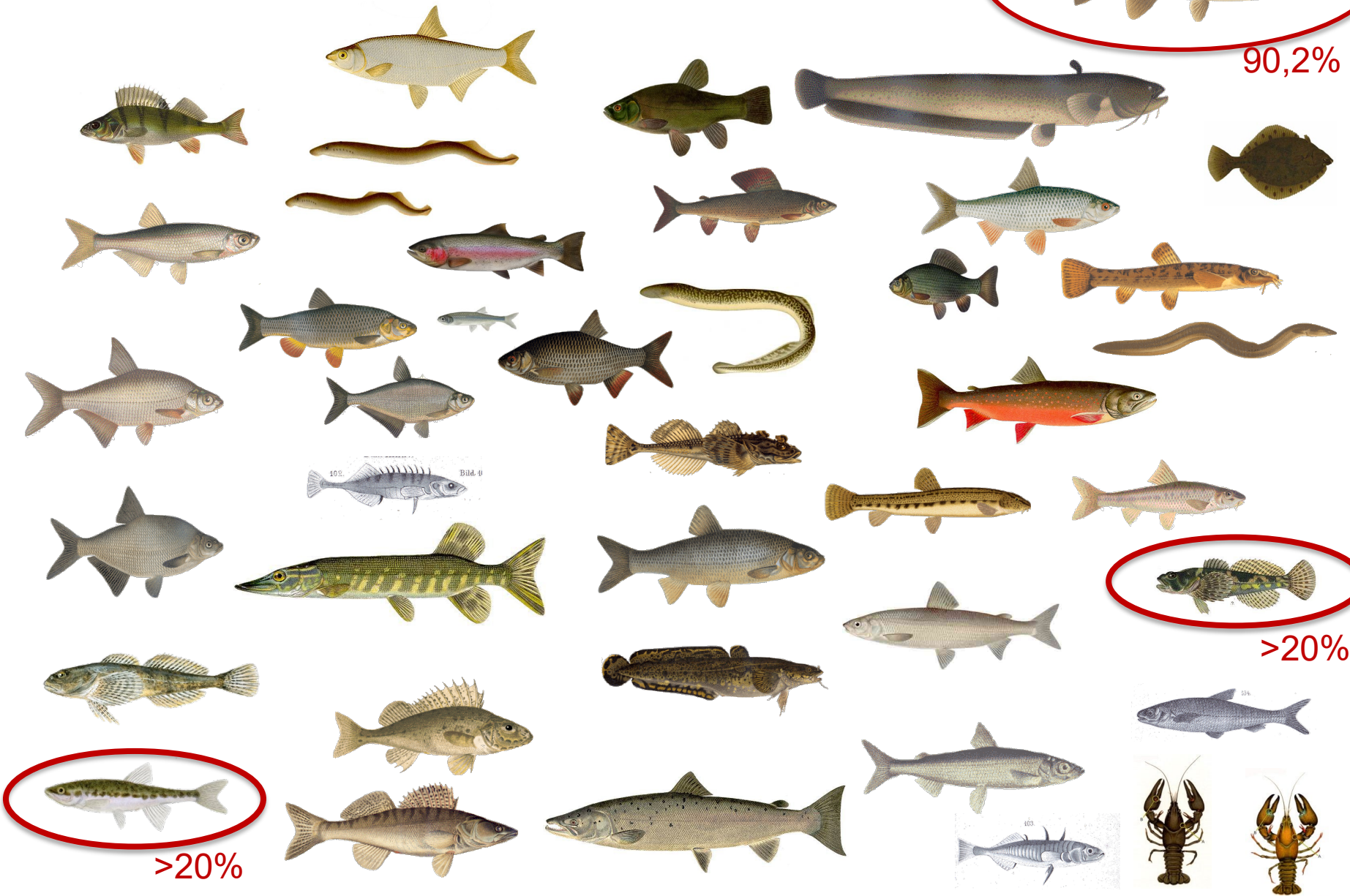
Öring och pH



Artrikedom - vattendrag



90,2%



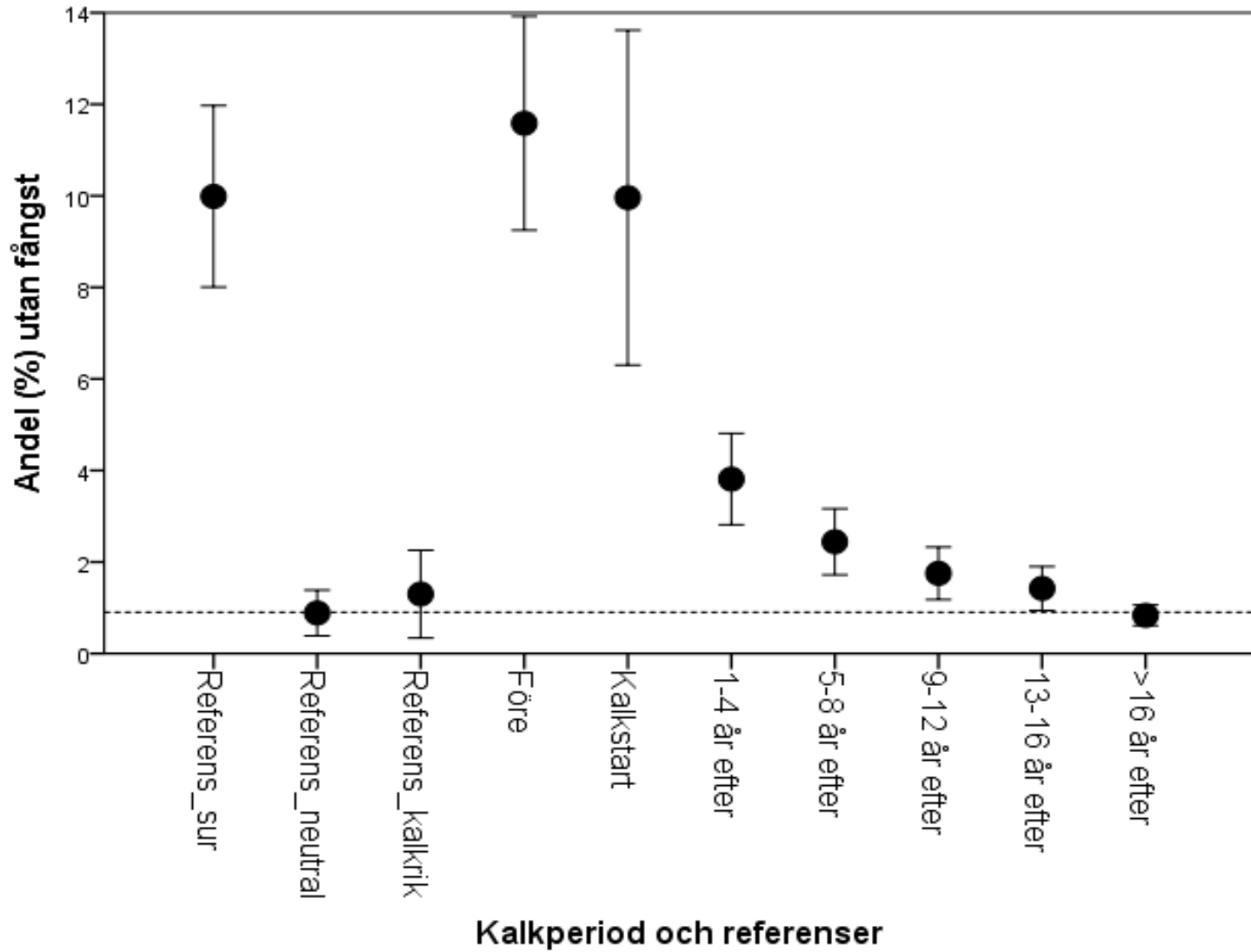
>20%



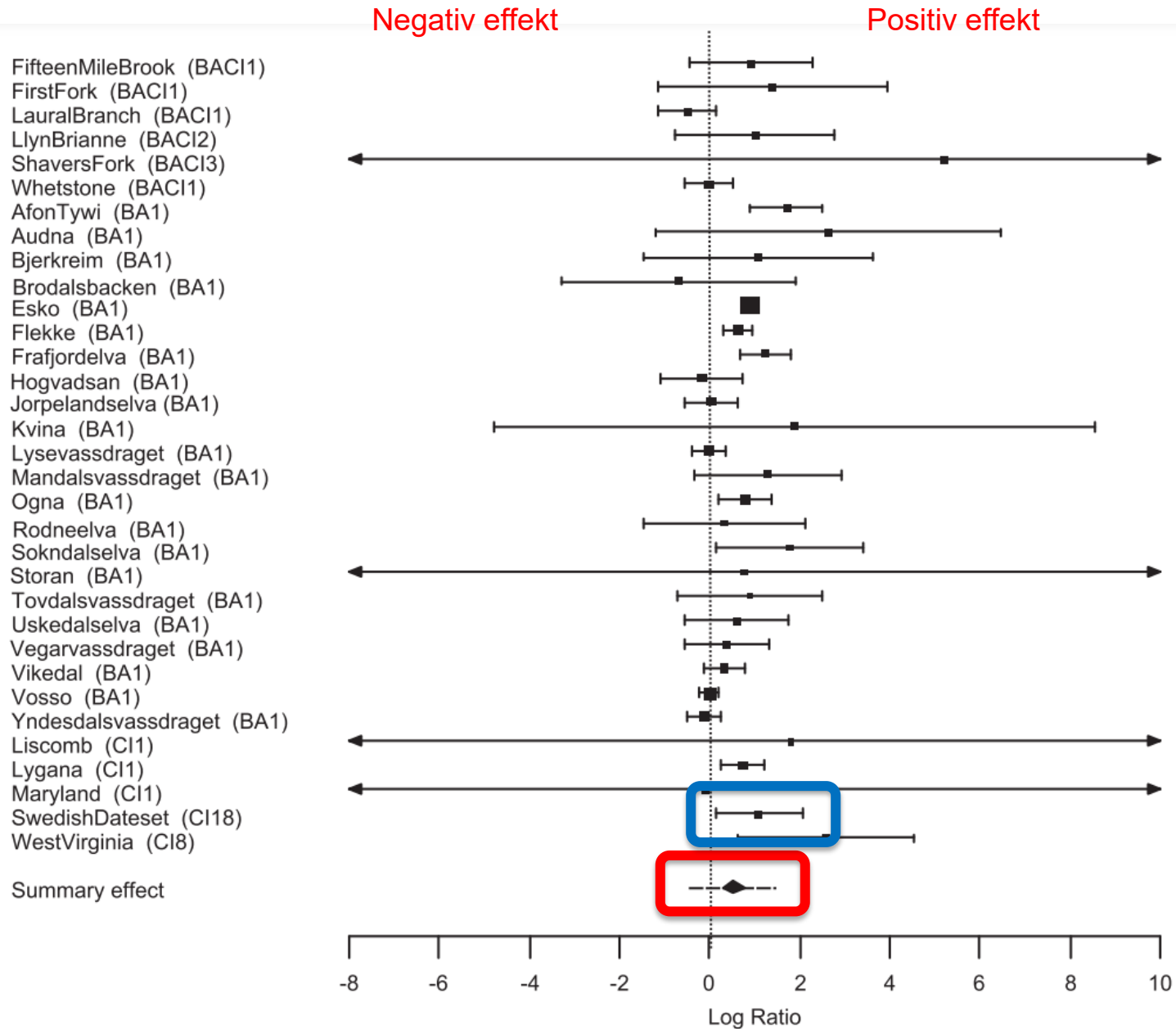
>20%



Artrikedom



Meta-analys fiskförekomst – effekt av kalkning





Sjöar



Effekter av kalkning på fisk i sjöar

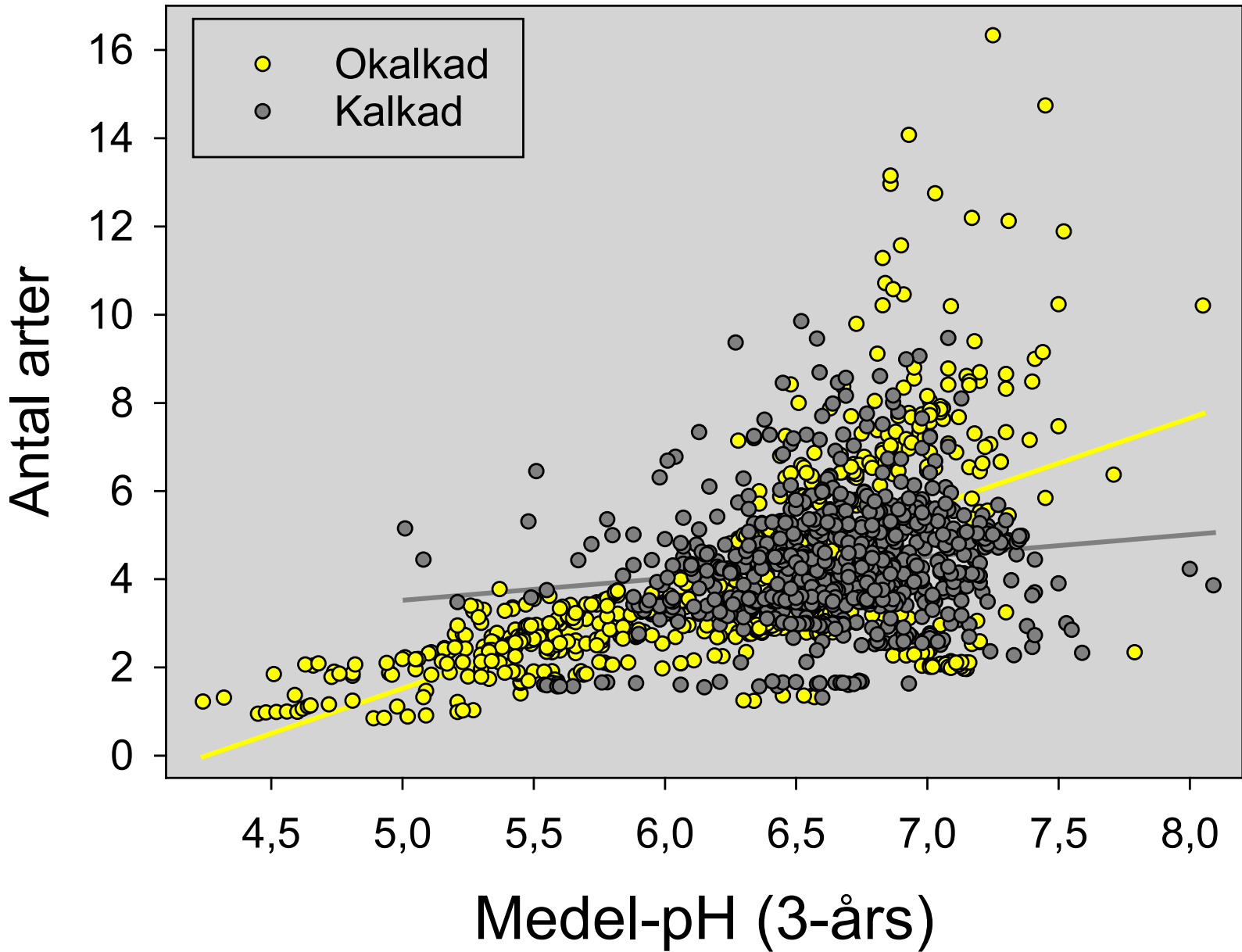


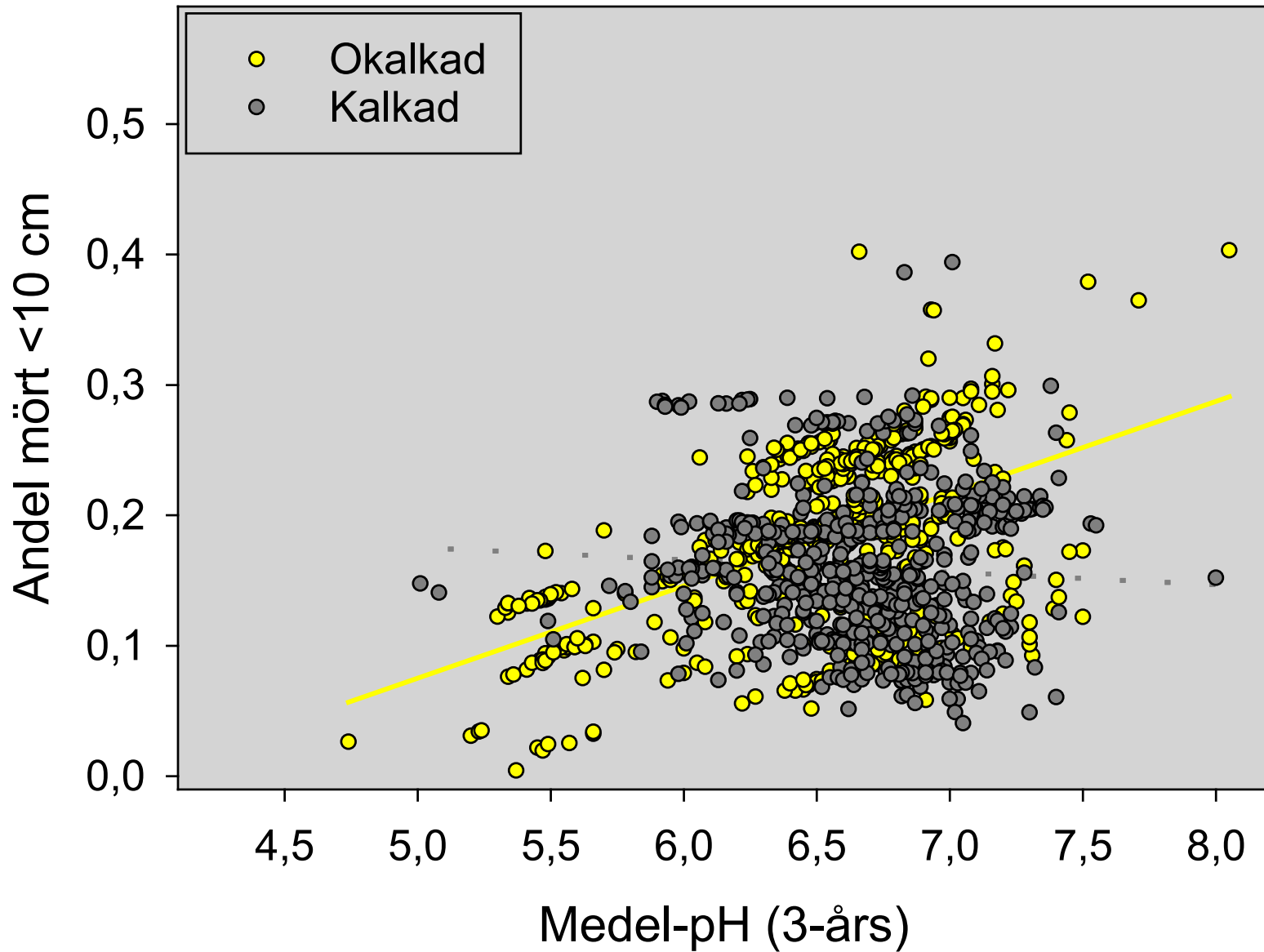
Resultat av 48 års nätprovfisken

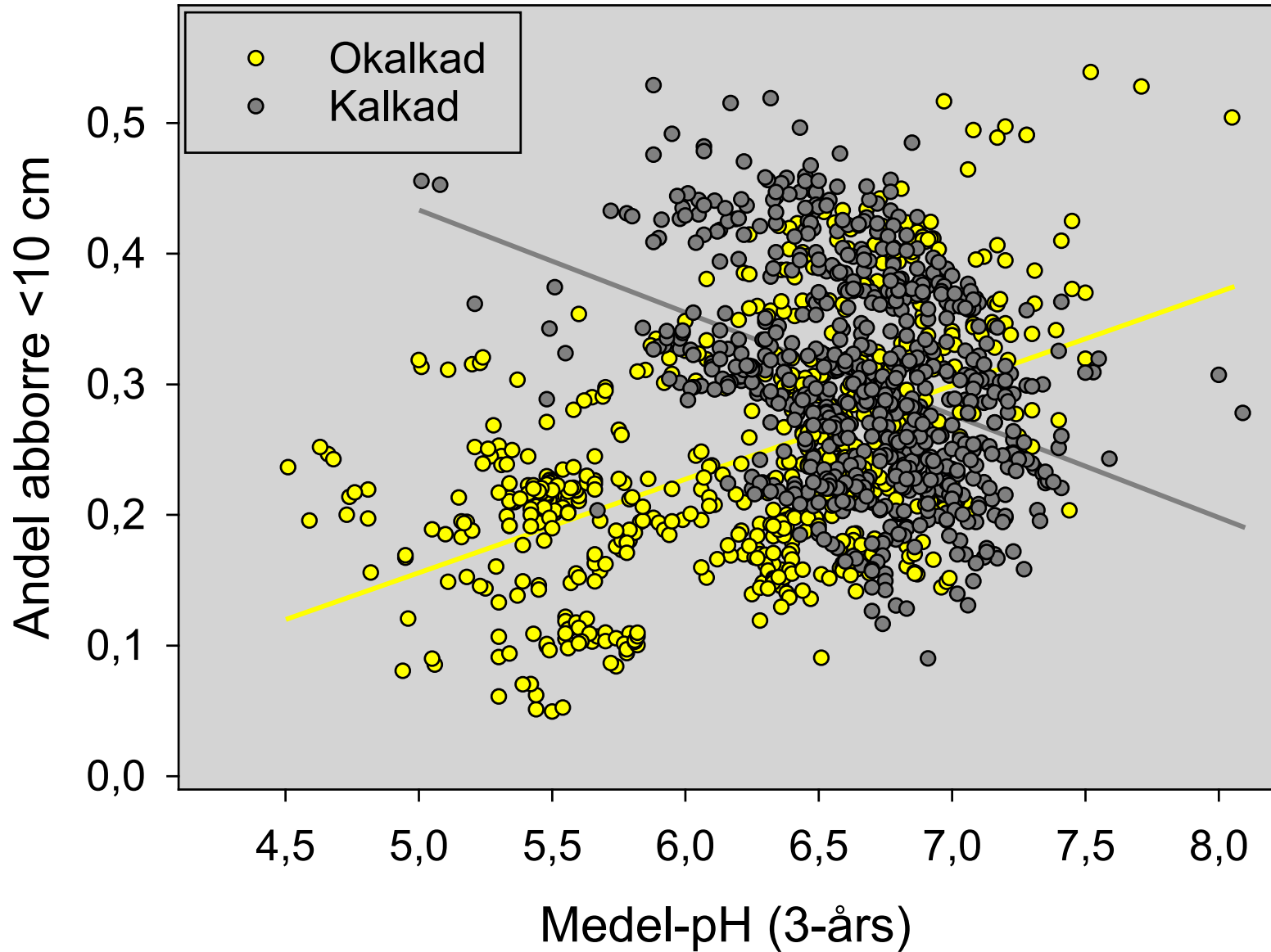


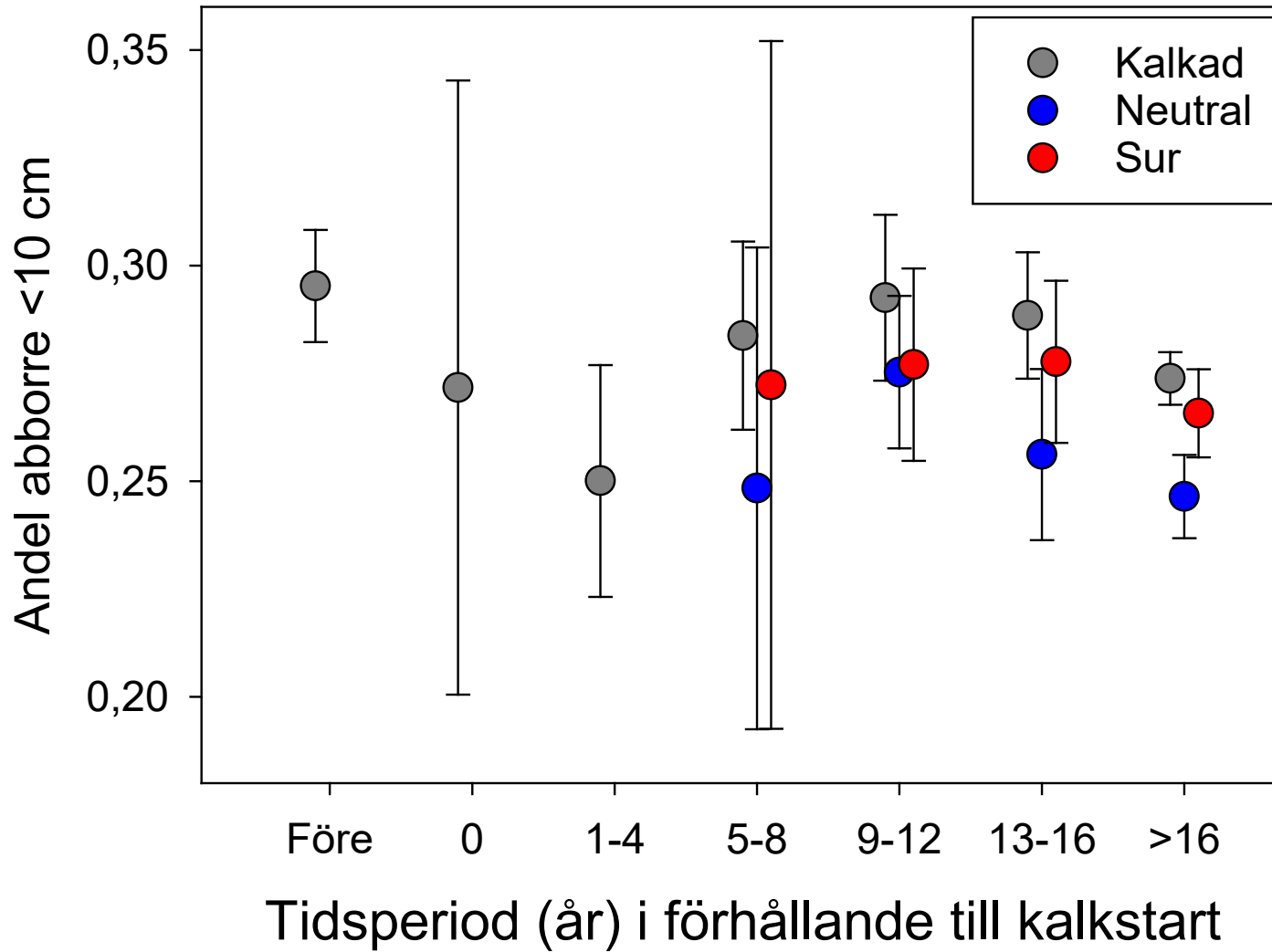
Kerstin Holmgren
Erik Petersson

Benäget bistånd från
Johan Kling
Alla personer som
genomfört provfisken
och annan
provtagning









Fiskfaunan i de kalkade vattnen har fjärrmat sig från sura referenser och kommit att likna neutrala referenser.

Det tar tid för fiskfaunan i kalkade vatten att förändras.

Kalkningsverksamheten har med största sannolikhet motverkat en omfattande förlust av fiskbestånd.

Trots detta är det inte säkert att man får tillbaka en historisk 'oförsurad' fiskfauna.

Tack!

